



日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

2000年 4月 4日

出願番号

Application Number:

特願2000-102473

出願人

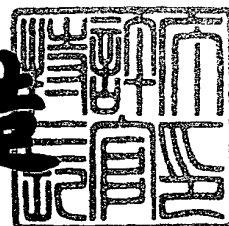
Applicant (s):

古河電気工業株式会社

2000年11月10日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3093747

【書類名】 特許願

【整理番号】 990761

【提出日】 平成12年 4月 4日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/28

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

    【氏名】 柏原 一久

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

    【氏名】 奈良 一孝

【特許出願人】

    【識別番号】 000005290

    【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100090022

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 長門 侃二

    【電話番号】 03-3459-7521

【先の出願に基づく優先権主張】

    【出願番号】 平成11年特許願第370602号

    【出願日】 平成11年12月27日

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 007537

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9721465

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 アレイ導波路回折格子型光合分波器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも 1 本の入力導波路と、前記入力導波路に合体する入力側スラブ導波路と、前記入力側スラブ導波路に接続されたチャンネル導波路からなるアレイ導波路と、前記アレイ導波路に接続された出力側スラブ導波路と、前記出力側スラブ導波路に合体する複数の出力導波路とを備えており、

前記少なくとも 1 本の入力導波路と前記入力側スラブ導波路との合体部は、前記入力側スラブ導波路に向かって、入力導波路と、前記入力導波路よりも広幅の直線導波路と該広幅の直線導波路の端面から漸次拡幅するテーパ導波路とからなる構造になっていること、または／および前記複数の出力導波路の少なくとも 1 本と前記出力側スラブ導波路との合体部も、前記構造と同じ構造になっていることを特徴とするアレイ導波路回折格子型光合分波器。

【請求項 2】 前記少なくとも 1 本の入力導波路と、前記合体部を構成する前記入力導波路より広幅の直線導波路との間に、前記入力導波路より狭幅の直線導波路を配置した構造になっていること、または／および前記複数の出力導波路の少なくとも 1 本と、前記出力側スラブ導波路との合体部を構成する前記出力導波路より広幅の直線導波路との間も、前記構造と同じ構造になっている、請求項 1 に記載のアレイ導波路回折格子型光合分波器。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は光波長多重通信に用いられるアレイ導波路回折格子型光合分波器に関し、更に詳しくは、出力導波路における損失波長特性は中心波長付近で優れた平坦性を示し、リップルが小さく抑えられると同時に、隣接する通過波長間で低いクロストークを示し、さらに、製造時における歩留まりも高いアレイ導波路回折格子型光合分波器に関する。

【0 0 0 2】

【従来技術】

近年、光通信の分野では、情報の伝送容量を飛躍的に高めるために、複数の情報を異なる波長の光に載せて1本の光ファイバで伝送する光周波数多重通信方式の研究が盛んに進められている。そして、そのような多重通信方式を実現するためには、用いる多数の光を合波し、また分波するための光合分波器が必要になる。

#### 【0003】

その場合、その光合分波器には次のような性能が要求されている。

第1の性能は、情報の伝送容量を高めるためには、ある波長範囲においてできるだけ狭い波長間隔で光を伝送することが有効であるので、そのような光を合波し、また分波することができるということである。例えば、 $1.55\mu\text{m}$ 帯域において波長間隔が約 $0.8\text{nm}$ に相当する $100\text{GHz}$ 間隔の光に対する合分波が要求されている。

#### 【0004】

第2の性能は、通過波長付近における波長平坦性が優れているということである。

例えば光波長多重通信システムを構築する際におけるコスト低減のために、光源として廉価なLD光源を用いると、使用環境における温度や湿度などの変動に伴って光源からの発振波長が変動したり、発振波長の経時変動などを起こすことがある。このような光源からの発振波長変動が起こると、光合分波器の通過波長特性に対応した状態で損失波長変動が起こる。そして、この損失変動は、光合波される波長間での損失均一性を劣化させ、多重通信システムとしての $S/N$ を劣化させるため、当該システム構築時のコストを高めることになる。

#### 【0005】

第3の性能は、伝送される複数の光において、隣接する通過波長間のクロストークが低いということである。具体的には、 $-26\text{dB}$ 以下のクロストークでの光の合分波が要求される。

このような光合分波器に関しては、アレイ導波路回折格子を用いたタイプのものが提案されており、本発明者らも、このタイプの光合分波器の開発研究を進め、前記した第1の性能と第2の性能を満たす光合分波器を開発し、それを既に特

願平 1 0 - 2 3 7 4 4 0 号として出願した。

【 0 0 0 6 】

ここで、本発明者らが提案した上記光合分波器の概略平面図を図 1 0 に、また図 1 0 における入力導波路と入力側スラブ導波路との接続領域（破線で囲まれた領域）の拡大図を図 1 1 に、さらに図 1 1 における各合体部 A の平面構造を図 1 2 に示す。

この光合波器は、例えば Si から成る基板の上に、火炎堆積法によって下部クラッド層（ $\text{SiO}_2$  が主成分）、コア層（ $\text{SiO}_2$  が主成分で例えば  $\text{GeO}_2$  を添加）を順次積層したのち全体を加熱して透明ガラス化し、ついでフォトリソグラフィとドライエッチング適用して所定の配線構造を形成する。その上に、更に火炎堆積法で上部クラッド層（ $\text{SiO}_2$  が主成分）を堆積して前記コア層の配線構造を堆設したのち加熱してその上部クラッド層を透明ガラス化して製造される。

【 0 0 0 7 】

この光合分波器は、基板 1 の上に、1 本または複数本の入力導波路 2 が配線され、この入力導波路 2 の端部は入力側スラブ導波路 3 と合体されて入力側の合体部 A が形成され、入力側スラブ導波路 3 には複数本のチャネル導波路 4 a から成るアレイ導波路 4 が接続され、そのアレイ導波路 4 には出力側スラブ導波路 5 が接続され、そしてその出力側スラブ導波路 5 には複数本の出力導波路 6 の端部が合体されて出力側の合体部が形成された構造になっている。

【 0 0 0 8 】

この光合分波器における入力導波路 2 と入力側スラブ導波路 3 との合体部 A は、導波路幅  $W_1$  の入力導波路 2 と、入力側スラブ導波路 3 の端面 9 B に形成された、平面視形状が台形で、その端面 9 B における導波路幅が  $W_2$  である広幅導波路部分 9 との間に、互いに独立して 2 本の狭幅導波路部分 8, 8 が配置された構造になっている。

【 0 0 0 9 】

そして、入力導波路 2 の端部 2 A は光軸に対して角度  $\theta$  で路幅方向に順次拡幅するテーパ部になっており、その端面 2 B からギャップ  $g_1$  の距離を置き、かつ

前記テーパ部 2 A と同じ角度  $\theta$  で入力側スラブ導波路 3 の方に延在する前記狭幅導波路部分 8, 8 が、その端面 8 A 側では C W の間隔で、端面 8 B 側では S W の間隔で配置され、これらの端面 8 B, 8 B と前記広幅導波路部分 9 の端面 9 A との間にギャップ  $g_2$  が形成されている。

【 0 0 1 0 】

合体部 A を上記した構造にすることにより、上記光合分波器は、前記した第 1 の要求性能を満たすことはもち論であるが、第 2 の要求性能である損失波長特性の平坦性が良好となり、3 dB 通過帯域幅、1 dB 通過帯域幅のいずれもが広くなるという効果を奏している。

しかしながら、その後の研究において、例えば 1 dB 通過帯域幅を広くするように図 1 2 で示した合体部 A の寸法諸元を設計して光合分波器を製造すると、隣接通過波長のクロストークが大きく劣化して前記した第 3 のクロストーク性能を満たさないこともあり、また合体部 A の構造が複雑になっているので、実際に製造した合体部 A の寸法諸元のばらつきも大きいという問題のあることが判明した。

【 0 0 1 1 】

例えば、図 1 2 で示した構造の合体部 A を有し、波長間隔 1 0 0 GHz、すなわち  $1.55 \mu\text{m}$  帯域において約 0.8 nm の波長間隔となる図 1 0 で示した光合分波器を設計し、その設計基準に基づいて 3 個の光合分波器を製造し、それらの性能調査を行ってみた。

このとき、図 1 2 で示した合体部 A の寸法諸元は次のとおりとした。

【 0 0 1 2 】

すなわち、入力導波路 2 の導波路幅  $W_1$  :  $6.5 \mu\text{m}$ 、広幅導波路部分 9 の導波路幅  $W_2$  :  $17 \mu\text{m}$ 、広幅導波路部分 9 の突出長 H :  $20 \mu\text{m}$ 、角度  $\theta$  :  $0.4^\circ$ 、狭幅導波路部分間の間隔 C W :  $3.0 \mu\text{m}$ 、狭幅導波路部分間の間隔 S W :  $3.5 \mu\text{m}$ 、ギャップ  $g_1$ ,  $g_2$  :  $5 \mu\text{m}$ 、導波路 (部分) の路高 :  $6.5 \mu\text{m}$ 、そして、導波路 (部分) の比屈折率差 : 0.8 % である。

【 0 0 1 3 】

このような寸法諸元で製造した 3 個の光合分波器の各出力導波路における損失波長特性を測定したところ、表 1 で示すような結果が得られた。

【 0 0 1 4 】

【表 1】

	1 dB通過帯域幅 (nm)	隣接クロストーク (*) (dB)
第 1 の光合分波器	0.45	-20
第 2 の光合分波器	0.42	-23
第 3 の光合分波器	0.38	-28

(\*) : 中心波長に対して  $0.8 \pm 0.1$  nm の隣接波長範囲内における最悪クロストーク。

【 0 0 1 5 】

表 1 から明らかなように、3 個の光合分波器の製造に当たり、同じ設計寸法で合体部 A を製造したにもかかわらず、実際に製造された合体部 A の寸法諸元がばらついているため、1 dB 通過帯域幅も大きくばらついている。また、1 dB 通過帯域幅が広い光合分波器ほど隣接クロストークが劣化している。

【 0 0 1 6 】

例えば、第 1、第 2 の光合分波器の場合、仮に隣接クロストークの合格規格値が -26 dB 以下であると不合格品になっている。すなわち、この場合、合格品の歩留まりは  $1/3$  ということになる。

このように、特願平 10-237440 号として出願した光合分波器の場合、1 dB 通過帯域幅が広くなるように設計するとその隣接クロストークの劣化が大きくなり、しかも合体部 A の寸法諸元がばらついて製造歩留まりも低いという問題の解決が残されている。

【 0 0 1 7 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は特願平 10-237440 号の光合分波器における上記した問題を解決し、1 dB 通過帯域幅と 3 dB 通過帯域幅は上記光合分波器と同等かそれよりも広く、しかも、隣接クロストークは低く、リップルも小さく、かつ製造歩留まりは高い新規なアレイ導波路回折格子型光合分波器の提供を目的とする。

【 0 0 1 8 】

【課題を解決するための手段】



上記した目的を達成するための研究過程で、本発明者らは、表 1 の第 1 の光合分波器につき、広幅導波路部分 9 の後方に位置する入力側スラブ導波路 3 の直前位置における光電界振幅分布をビーム伝搬法でシミュレーションしたところ、図 1 3 で示した知見が得られた。

#### 【 0 0 1 9 】

図 1 3 から明らかなように、入力側スラブ導波路 3 に入力する光電界振幅分布は、なだらかな裾野部分  $a_1$ 、 $a_2$  を有し、中央に強度の大きな落ち込み部分  $b$  を有する双峰形状になっている。

この結果から、本発明者らは、前記した第 1 の光合分波器の場合、出力導波路から出力する光は上記入力光における大きな落ち込み部分  $b$  と双峰形状における 2 つの山の間隔  $C$  の影響を受けて 1 dB 帯域幅が大きく変動し、またなだらかな裾野部分  $a_1$ 、 $a_2$  の影響を受けて隣接クロストークの劣化が起こるとの推論に達した。そして、この推論に基づき、入射側スラブ導波路の直前位置では、その光電界振幅分布における落ち込み部分  $b$  が小さく、そして間隔  $C$  が変動しにくく、なだらかな裾野部分  $a_1$ 、 $a_2$  が生じないような光入力形成するように合体部を設計すれば、それを有する光合分波器は出力導波路から出力する光の 1 dB 帯域幅の変動を小さくすることができ、かつ隣接クロストークの劣化も抑制できるとの着想を抱いた。

#### 【 0 0 2 0 】

また、表 1 で示した 3 個の光合分波器において、1 dB 通過帯域幅および隣接クロストークのばらつきと、合体部 A における寸法諸元のばらつきとの関係を調べたところ、寸法諸元のばらつきが最も大きい箇所は 2 本の狭幅導波路部分 8、8 の路幅や相互の間隔であり、そしてこの狭幅導波路部分の導波路の間隔によって上記した 1 dB 通過帯域幅と隣接クロストークのばらつきが大きく左右されるという知見を得た。

#### 【 0 0 2 1 】

図 1 4 に図 1 2 で示した構造の合体部 A を有する光合分波器を使用した場合の AWG の通過スペクトルの一例を示す。先端部分 A' の形状は、リップル B' が小さいほうがよく、通常 0.5 dB 以下に抑えることが望まれている。しかし、製

造ばらつきを考えると、0.7 dB以下が限界であった。なお、本例では、リップルをわかりやすくするために、リップルが大きめのものを選定した。この例の場合は1 dB通過帯域幅もリップルのために非常に小さくなっている。

#### 【0022】

これは、1 dB通過帯域幅を広くするには図13の二つの山の間隔cを広くしなければならず、そのような設計をすると必然的に図13の中央部分の光電界振幅（光の振幅）の落ち込み部分bが大きくなってしまいうため、リップルが大きくなってしまいうためである。

そこで、隣接クロストークだけでなく、リップルを小さく抑えるため、図13の中央部分の光電界振幅の大きな落ち込み部分bを小さくできるだけでなく、さらに、1 dB通過帯域幅を広く、かつ／または、落ち込みが小さくできるように、3山以上の形状が設計できるような入力導波路と入力スラブ導波路との合体部を設計しようと考えた。

#### 【0023】

すなわち、まず上記のような製造ばらつきの大きい箇所を持っていないと推定される形状で上記の要求を満足する合体部がないか、一般に帯域幅を広くするために提案されている構造の中で検討を行った。最初に、合体部として図15に示すようなパラボリックテーパ形状の合体部（特開平09-297228）を検討した。図15において入力導波路幅 $W1 = 6.5 \mu m$ 、パラボリックテーパ長さ $L = 900 \mu m$ 、パラボリックテーパ最終幅 $W2 = 50 \mu m$ としたときのパラボリックテーパの各位置での光電界振幅分布をビーム伝搬法でシミュレーションし、各位置毎の光電界振幅分布形状を観察した。その結果を図16に示した。入力導波路からパラボリックテーパ形状の導波路に入った当初は一山、続いて二山形状となり、その後再び一山になっており、長手方向のどの位置までを合体部としても、図16の光電界振幅分布の裾野部分の立ち上がりは図13に示した従来のものよりはよいが、一山形状または二山形状が限界であることがわかった。

#### 【0024】

つぎに、図17に示すようなマルチモードインターフェース（MMI）形状の合体部（Passband Flattening of Integrated Optical Filters U.S.P.

N o . 5629992) を検討した。入力導波路幅  $W 1 = 6.5 \mu m$ 、MMI 幅  $W 2 = 25 \mu m$ 、MMI 部長さ  $L = 500 \mu m$  としたときの MMI 部の長さ方向の各位置における光電界振幅分布をビーム伝搬法でシミュレーションした結果を図 18 に示した。

#### 【0025】

図 18 において、入力導波路から MMI 形状の導波路に入った当初は一山、次に二山形状となり、その後三山になっており、長手方向のどの位置までを合体部とするかによって様々な形状の光電界振幅分布形状が得られることがわかった。さらに、図 18 を出口部の三山部分の断面で切った場合の光電界振幅分布形状を図 19 に示した。図 19 からわかるように、両側に大きく裾野が形成されていることがわかった。つまり、この構造では、一山、二山、三山と形状を自由に設計することはできるが、裾野部分の立ち上がり形状を改善することはできないことがわかった。

#### 【0026】

本発明者らは、上記したこれらの知見とそれを踏まえた上記着想に基づいて合体部 A に関する各種の設計を試み、その結果、後述する構造の合体部を有する光合分波器は、前記した第 1 の性能と第 2 の性能はもち論のこと、第 3 の性能も満たして、高い製造歩留まりで隣接クロストークを  $-26 \text{ dB}$  以下にすることができるとの事実を見出し、本発明のアレイ導波路回折格子型光合分波器を開発するに至った。

#### 【0027】

すなわち、本発明のアレイ導波路回折格子型光合分波器は、少なくとも 1 本の入力導波路と、前記入力導波路に合体する入力側スラブ導波路と、前記入力側スラブ導波路に接続されたチャンネル導波路からなるアレイ導波路と、前記アレイ導波路に接続された出力側スラブ導波路と、前記出力側スラブ導波路に合体する複数の出力導波路とを備えており、

前記少なくとも 1 本の入力導波路と前記入力側スラブ導波路との合体部は、前記入力側スラブ導波路に向かって、入力導波路と、前記入力導波路よりも広幅の直線導波路と該広幅の直線導波路の端面から漸次拡幅するテーパ導波路とからな

る構造になっていること、または／および前記複数の出力導波路の少なくとも1本と前記出力側スラブ導波路との合体部も、前記構造と同じ構造になっていることを特徴とする。

#### 【0028】

また、本発明のアレイ導波路回折格子型光合分波器は、前記少なくとも1本の入力導波路と、前記合体部を構成する前記入力導波路より広幅の直線導波路との間に、前記入力導波路より狭幅の直線導波路を配置した構造になっていること、または／および前記複数の出力導波路の少なくとも1本と、前記出力側スラブ導波路との合体部を構成する前記出力導波路より広幅の直線導波路との間も、前記構造と同じ構造になっていることを特徴とする。

#### 【0029】

なお、上述した入力導波路と前記入力導波路より広幅の直線導波路の間にある前記入力導波路より狭幅の直線導波路は、入力導波路を曲線導波路で配置する場合や入力導波路の前に曲線導波路が配置されている場合のように、入力導波路の光強度分布が入力導波路の中心部分から少しずれていても光電界振幅分布を入力導波路の中心に誘導できるように配置したものであり（特願平11-216741号）、この導波路を入れなくても入力導波路の光電界振幅分布が中心部分にくるように入力導波路を配置してあれば狭幅の直線導波路は必ずしも必要ではない。

#### 【0030】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面に則して本発明の光合分波器を詳細に説明する。

なお、アレイ導波路回折格子は、光回路の相反性（可逆性）の原理を利用しているため、入力と出力との関係が逆であったとしてもその動作原理は成立する。したがって、以下の説明は入力導波路側の場合について説明する。

#### 【0031】

図1は、本発明の光合分波器の1例を示す概略平面図であり、図2は図1における入力導波路と入力側スラブ導波路との接続領域（破線で囲まれた領域）の拡大図であり、図3は図2における合体部B<sub>1</sub>を示す平面図である。

図 1 において、本発明の光合分波器が、全体として、基板 1 の上に、1 本または複数本の入力導波路 2 0 が配線され、この入力導波路 2 0 の端部は入力側スラブ導波路 3 0 と合体されて入力側の合体部  $B_1$  が形成され、入力側スラブ導波路 3 0 には複数本のチャネル導波路 4 0 a から成るアレイ導波路 4 0 が接続され、そのアレイ導波路 4 0 には出力側スラブ導波路 5 0 が接続され、そしてその出力側スラブ導波路 5 0 には複数本の出力導波路 6 0 の端部が形成されていることは、特願平 1 0 - 2 3 7 4 4 0 号で出願した光合分波器の場合と同じである。

#### 【0032】

しかしながら、合体部  $B_1$  は図 3 で示した平面視構造になっている点が特願平 1 0 - 2 3 7 4 4 0 号の光合分波器と異なっている。

合体部  $B_1$  は、次のような平面視構造になっている。

合体部  $B_1$  は、導波路幅  $W_1$  の入力導波路 2 0 よりも広幅な導波路幅  $W_4$  ( $W_4 > W_1$ ) を有する長さ ( $L_2$ ) の直線導波路（以下、広幅導波路という）8 0 と、この広幅導波路 8 0 の端面 8 0 B から所定の角度  $\theta$  で入力側スラブ導波路 3 0 に向かって漸次拡幅していくテーパ導波路 9 0 とから成る。すなわち、これらの広幅導波路 8 0 とテーパ導波路 9 0 とは一体となって導波路 1 0 0 からなる合体部  $B_1$  を構成する。

#### 【0033】

導波路 1 0 0 の導波路幅が  $W_2$  になった地点で、この導波路 1 0 0 は入力側スラブ導波路 3 0 と接続されている。

本発明において、合体部  $B_1$  を構成する広幅導波路 8 0 の端面 8 0 A は入力導波路 2 0 の端面 2 0 B に直接接続されていてもよいが、図 3 に示したように、合体部  $B_1$  を構成する広幅導波路 8 0 と入力導波路 2 0 との間に、この入力導波路 2 0 よりも狭幅な導波路幅  $W_3$  ( $W_1 > W_3$ ) を有する長さ  $L_1$  の直線導波路（以下、狭幅導波路という）7 0 を配置することもできる。

#### 【0034】

このように、入力導波路 2 0 と入力側スラブ導波路 3 0 の間に配置される狭幅導波路 7 0、合体部  $B_1$  などの上記各導波路がいずれも 1 本であり、しかも図 1 2 で示した先行技術における合体部 A の場合のような各導波路間にギャップを形

成しない構造になっている。したがって、先行技術において発生したような製造時の寸法形状のばらつきが低減され、製造歩留まりを向上させることが可能となる。

#### 【 0 0 3 5 】

この狭幅導波路 7 0 ならびに合体部  $B_1$  における各導波路は次のような作用効果を発揮する。

まず、導波路幅  $W_3$  の狭幅導波路 7 0 では、この狭幅導波路 7 0 に比べれば広幅な導波路幅  $W_1$  の入力導波路 2 0 の端面 2 0 B から入力してきた光に対し、その強度分布における中心の位置合わせが達成される。なお、前述したとおり、入力導波路の配置を光強度の中心位置がずれないように配置できれば、この必要はない。

#### 【 0 0 3 6 】

そして、合体部  $B_1$  を構成する導波路 1 0 0 の導波路幅  $W_4$  の広幅導波路 8 0 では、狭幅導波路 7 0 の端面 7 0 B から入力した光は、 $V$  値（規格化周波数）を 2.4 以上にすることにより、導波路幅方向に一気に広がり、ついで、テーパ導波路 9 0 では、広幅導波路 8 0 で調質された上記した状態にある光電界振幅分布に対し、その形状における裾野部分  $a_1$ 、 $a_2$  の切り落としが進行しながら、全体としての分布幅が広がっていく。

#### 【 0 0 3 7 】

ここで、狭幅導波路 7 0 を配置せずに合体部  $B_1$  のみの構成とした場合の光電界振幅分布について説明する。例えば、入力導波路幅  $W_1 = 6.5 \mu\text{m}$ 、広幅導波路幅  $W_4 = 22.5 \mu\text{m}$ 、広幅導波路長さ  $L_2 = 250 \mu\text{m}$ 、テーパ角度  $\theta = 0.4^\circ$ 、テーパ導波路の最終幅  $W_2 = 35.0 \mu\text{m}$  とした場合のテーパ部長さ方向の各位置における光電界振幅分布をビーム伝搬法でシミュレーションした結果を図 4 に示した。広幅導波路 8 0 からテーパ導波路 9 0 に入った当初は一山、次に二山、その後三山形状となり、出口で三山になっており、長手方向のどの位置までを合体部とするかによって様々な形状の光電界振幅分布形状が得られることが分かった。

#### 【 0 0 3 8 】

さらに、裾野部分の立ち上がりは図13に示した従来のものと比較すると更によりよいことが分かった。さらに、図4を出口部の三山部分の断面で切った場合の光電界振幅分布形状を図5に示した。この図から分かるように、裾野部分のダレは完全に切り落とされていることが分かった。つまり、この構造では、一山、二山、三山以上と形状を自在に設計することができ、かつ、裾野部分の立ち上がりを格段に向上させることが可能であることが確認された。

## 【0039】

続いて、入力導波路20と合体部 $B_1$ の広幅導波路80との間に狭幅導波路70を配置した場合の光電界振幅分布について説明する。例えば入力導波路幅 $W_1 = 6.5 \mu\text{m}$ 、狭幅導波路幅 $W_3 = 3.0 \mu\text{m}$ 、狭幅導波路長さ $L_1 = 500 \mu\text{m}$ 、広幅導波路幅 $W_4 = 22.5 \mu\text{m}$ 、広幅導波路長さ $L_2 = 250 \mu\text{m}$ 、テーパ角度 $\theta = 0.4^\circ$ 、テーパ導波路の最終幅 $W_2 = 35.0 \mu\text{m}$ とした場合のテーパ部長さ方向の各位置における光電界振幅分布をビーム伝搬法でシミュレーションした結果を図6に示した。広幅導波路からテーパ導波路に入った当初は一山、その後二山、三山形状となり、出口で三山になっており、長手方向のどの位置までを合体部とするかによって様々な形状の光電界振幅分布形状が得られることが分かった。

## 【0040】

さらに、裾野部分の立ち上がりは図13に示した従来のものと比較すると更によりよいことが分かった。さらに、図6を出口部の三山部分の断面で切った場合の光電界振幅分布形状を図7に示した。この図から分かるように、裾野の部分のダレは完全に切り落とされている。つまり、この構造でも上記と同様に、一山、二山、三山以上と形状を自在に設計することができ、かつ、裾野部分の立ち上がりを格段に向上させることが可能であることが確認された。

## 【0041】

したがって、狭幅導波路70を介在させた場合、入力導波路20から合体部 $B_1$ を伝搬して入力側スラブ導波路30に入力してくる光は、その光電界振幅分布の中心位置が合致しており、同時に裾野部分が切り落とされた状態になっている。

さらに、発明者らは、合体部  $B_1$  である導波路 100 の広幅導波路 80 の規格化周波数を 2.4 以上に設計することにより、合体部  $B_1$  出口における光電界振幅分布の先端部分の平坦性を上げ、かつ、テーパ導波路により広幅導波路部で発生した光電界振幅分布のすそ部分を急峻に切り落とすことに成功した。

【0042】

【実施例】

実施例 1～3

Si 基板の上に、火炎堆積法とフォトリソグラフィーとエッチングを組み合わせ、波長間隔が 100 GHz 間隔、すなわち  $1.55 \mu\text{m}$  帯域において約 0.8 nm の波長間隔になる図 1、図 3 で示した光合分波器を製作した。

【0043】

すなわち、Si 基板の上に、火炎堆積法によって下部クラッド層 ( $\text{SiO}_2$  が主成分)、コア層 ( $\text{SiO}_2$  が主成分で  $\text{GeO}_2$  を添加) を順次積層したのち全体を加熱して透明ガラス化した。ついで、フォトマスクを用いて前記コア層をドライエッチングし、更に火炎堆積法で上部クラッド層 ( $\text{SiO}_2$  が主成分) を堆積して前記ドライエッチング後のコア層を埋設したのち加熱して前記上部クラッド層を透明ガラス化して光合分波器を製作した。

そのときの狭幅導波路 70 と合体部  $B_1$  は表 2 で示した寸法諸元になっている。

【0044】

【表 2】

		実施例 1	実施例 2	実施例 3
入力導波路 20 の路幅 $W_1$ ( $\mu\text{m}$ )		6.5	6.5	6.5
狭幅導波路	直線導波路 70 の路幅 $W_3$ ( $\mu\text{m}$ )	3.0	3.0	3.0
	直線導波路 70 の長さ $L_1$ ( $\mu\text{m}$ )	500	500	500
合体部 $B_1$	直線導波路 80 の路幅 $W_4$ ( $\mu\text{m}$ )	9.0	11.5	12.0
	直線導波路 80 の長さ $L_2$ ( $\mu\text{m}$ )	250	250	250
	テーパ導波路 90 の角度 $\theta$ ( $^\circ$ )	0.4	0.4	0.4
	テーパ導波路 90 の最終幅 $W_2$ ( $\mu\text{m}$ )	29.6	24.8	27.2

【0045】

(1) まず、実施例 1 の光合分波器につき、入力側スラブ導波路 30 の直前位



置における光電界振幅分布をビーム伝搬法でシミュレーションした。その結果を図 8 に示した。

図 8 から明らかなように、図 1 3 で示した先行技術のシミュレーション結果に比べると、光電界振幅分布は全体として平坦化し、かつ裾野部分は急激な立ち上がりを示している。

(2) つぎに、各実施例の光合分波器の出力導波路 6 0 における損失波長特性を測定した。その結果を表 3 に示す。

【 0 0 4 6 】

【表 3】

	1 dB通過帯域幅 (nm)	隣接クロストーク (dB)	リップル (dB)
実施例 1	0.45	-28	0.1
実施例 2	0.44	-30	0.1
実施例 3	0.53	-27	0.15

【 0 0 4 7 】

表 2 の結果と特願平 1 0 - 2 3 7 4 4 0 号の光合分波器に関する結果（表 1）を対比すると、各実施例の光合分波器は、1 dB通過帯域幅が同等かそれよりも広く、しかも隣接クロストークの劣化が起こっていない。しかも、リップルも 0.15 dB以下に抑えられていることがわかった。

(3) 実施例 1 の寸法諸元を設計目標にして 3 個の光合分波器を製造し、それぞれの出力導波路 6 0 における損失波長特性を測定した。その結果を表 4 に示す。

【 0 0 4 8 】

【表 4】

	1 dB通過帯域幅(nm)	隣接クロストーク(dB)
第 1 の光合分波器	0.46	-27
第 2 の光合分波器	0.45	-29
第 3 の光合分波器	0.44	-28

【 0 0 4 9 】

表 4 と表 1 を対比して明らかなように、本発明の光合分波器は、1 dB 通過帯域幅も広く、かつばらつきも小さい。更には隣接クロストークの劣化も起こっておらず、例えば -26 dB 以下を合格品の規格値であるとした場合、実施例 1 は製造した全数が合格品になっている。

これは、合体部  $B_1$  が特願平 10-237440 号における合体部 A に比べると、その構造が簡単であり、したがって製造時における寸法諸元のばらつきを小さくすることができるからである。

【0050】

#### 実施例 4

入力導波路 20 の導波路幅  $W_1 = 6.5 \mu\text{m}$ 、狭幅導波路 70 の導波路幅  $W_3 = 3.0 \mu\text{m}$ 、狭幅導波路長さ  $L_1 = 500 \mu\text{m}$ 、合体部  $B_1$  の広幅導波路幅  $W_4 = 22.5 \mu\text{m}$ 、広幅導波路長さ  $L_2 = 250 \mu\text{m}$ 、テーパ角度  $\theta = 0.4^\circ$ 、テーパ導波路の最終幅  $W_2 = 35.0 \mu\text{m}$  として上記実施例 1～3 と同様に光合分波器を設計したところ、1 dB 通過帯域幅は 0.8 nm、隣接クロストークは -28 dB、リップルは 0.2 dB であり、通過スペクトル形状は図 9 のようになり、通過スペクトル先端部分が非常に平坦な波形となった。

【0051】

#### 【発明の効果】

以上の説明で明らかなように、本発明のアレイ導波路回折格子型光合分波器は、出力導波路における損失波長特性が中心波長付近で優れた平坦性を示し、リップルが小さく抑えられ、1 dB 通過帯域幅が広く、しかも隣接クロストークの劣化も起こらず、更には製造歩留まりも高く、多重通信システムの構築に用いる光合分波器としてその工業的価値は極めて大である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の光合分波器の概略を示す平面図である。

【図 2】

図 1 における接続領域の拡大図である。

【図 3】

本発明の光合分波器における狭幅導波路 7 0 と合体部 B<sub>1</sub> を示す平面図である。

【図 4】

狭幅導波路を介在させない場合の合体部 B<sub>1</sub> における光電界振幅分布をビーム伝搬法でシミュレーションした結果を示すグラフである。

【図 5】

図 4 を出口部の三山部分の断面における光電界振幅分布形状を示すグラフである。

【図 6】

狭幅導波路を介在させた場合の合体部 B<sub>1</sub> における光電界振幅分布をビーム伝搬法でシミュレーションした結果を示すグラフである。

【図 7】

図 6 の出口部の三山部分の断面における光電界振幅分布形状を示すグラフである。

【図 8】

実施例 1 の光合分波器において、その入力側スラブ導波路の直前位置における光電界振幅分布を示すグラフである。

【図 9】

実施例 4 の通過スペクトル形状を示すグラフである。

【図 1 0】

特願平 1 0 - 2 3 7 4 4 0 号の光合分波器の概略を示す平面図である。

【図 1 1】

図 1 0 における接続領域の拡大図である。

【図 1 2】

図 1 0 の光合分波器における合体部 A を示す平面図である。

【図 1 3】

図 1 0 の光合分波器において、その入力側スラブ導波路の直前位置における光電界振幅分布を示すグラフである。

【図 1 4】

図 1 2 で示した合体部 A を有する光合分波器の A W G の通過スペクトルを示すグラフである。

【図 1 5】

パラボリック形状の合体部の概略図である。

【図 1 6】

図 1 5 のパラボリックテーパの各位置における光電界振幅分布を示すグラフである。

【図 1 7】

M M I 形状の合体部の概略図である。

【図 1 8】

図 1 7 M M I 部長さ方向の各位置における光電界振幅分布を示すグラフである。

【図 1 9】

図 1 8 の出口部の三山部分の断面における光電界振幅分布形状を示すグラフである。

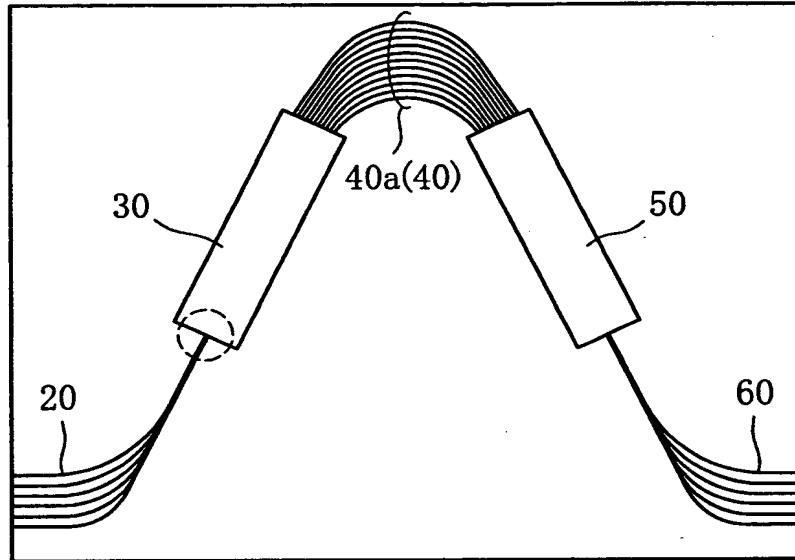
【符号の説明】

2 0	導波路幅 $W_1$ の入力導波路
2 0 B	入力導波路 2 0 の端面
3 0	入力側スラブ導波路
4 0	アレイ導波路
4 0 a	チャネル導波路
5 0	出力側スラブ導波路
6 0	出力導波路
7 0	導波路幅 $W_3$ の直線導波路（狭幅導波路）
7 0 B	直線導波路 7 0 の端面
8 0	導波路幅 $W_4$ の直線導波路（広幅導波路）
8 0 A	直線導波路 8 0 の端面
8 0 B	直線導波路 8 0 の端面
9 0	テーパ導波路

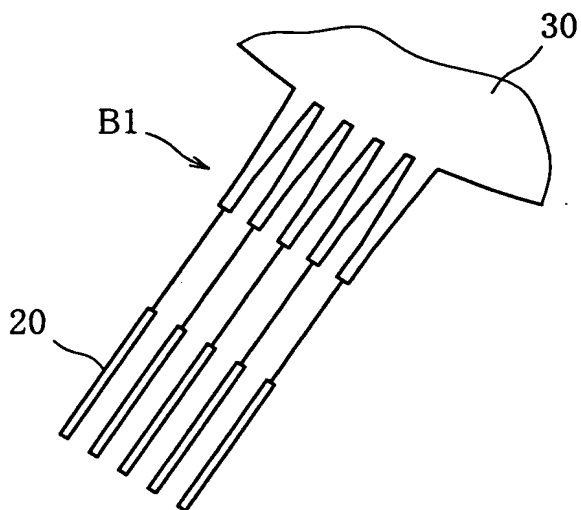
1 0 0      合体部  $B_1$  を構成する導波路

【書類名】 図面

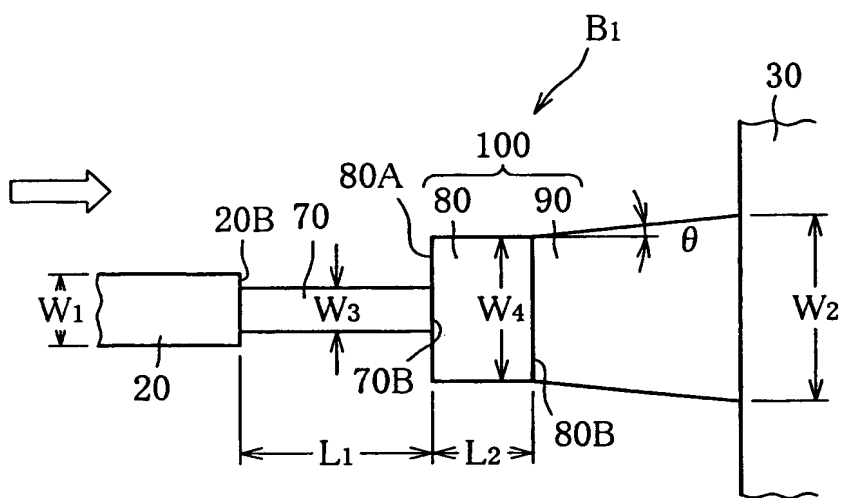
【図 1】



【図 2】

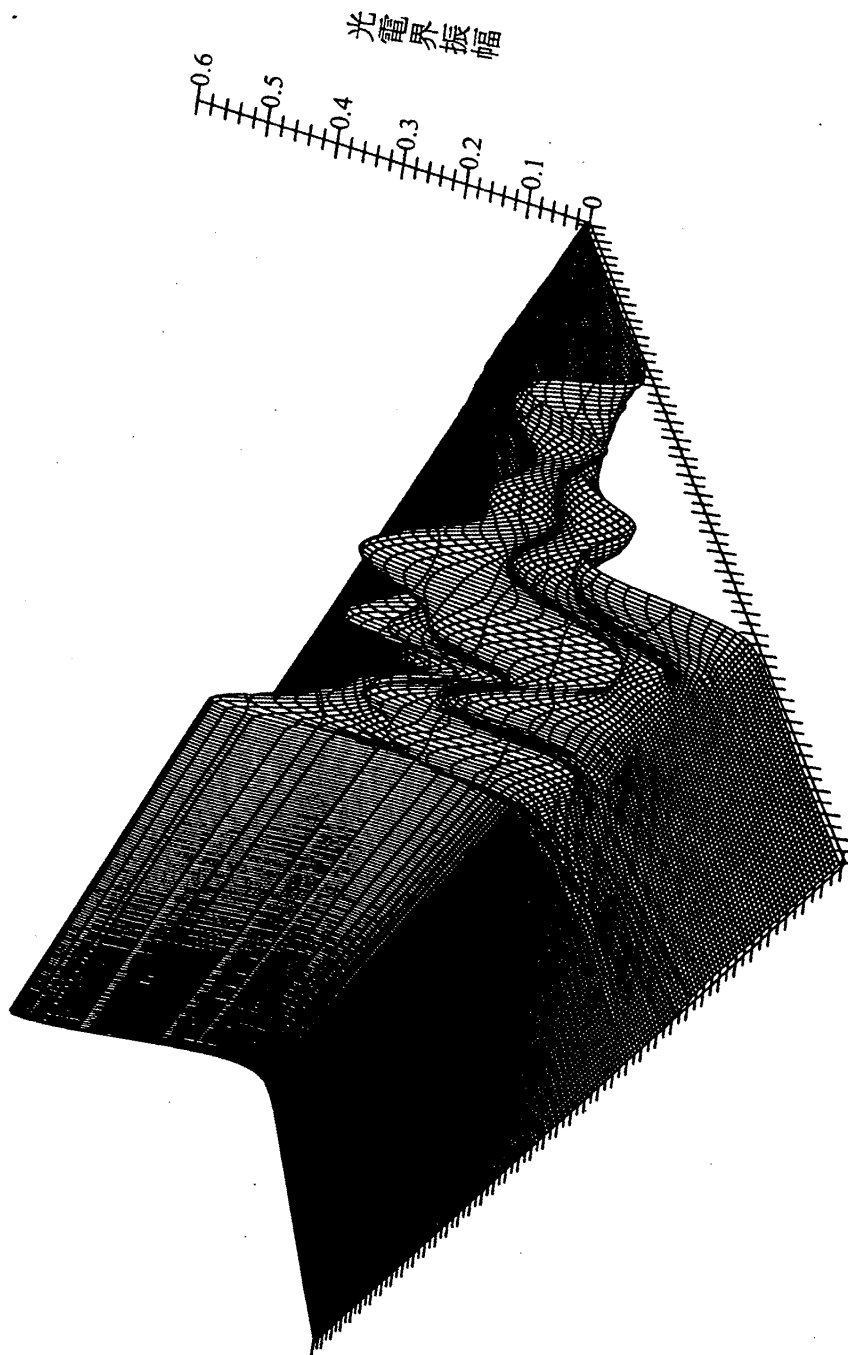


【図 3】



特2000-102473

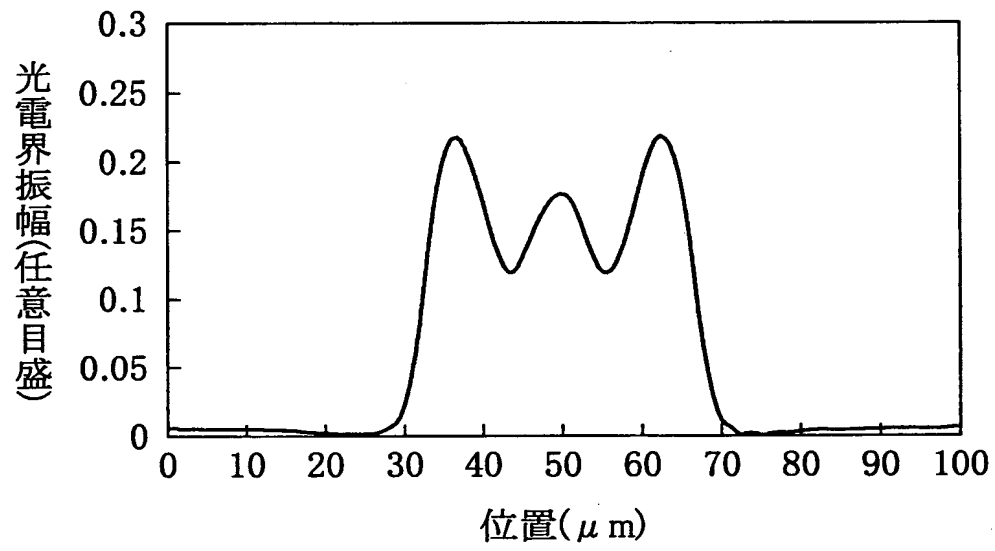
【図4】



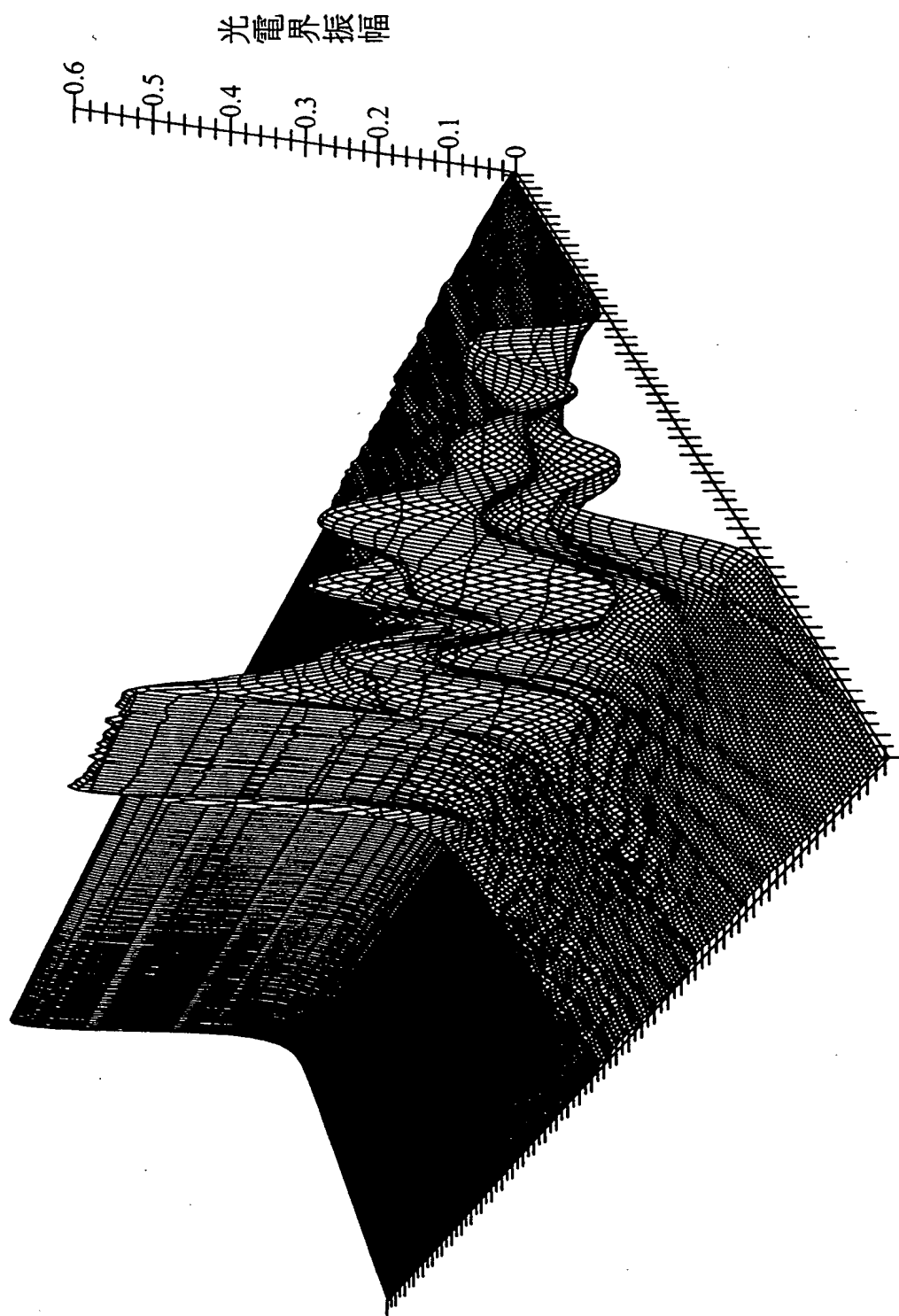
出証特2000-3093747



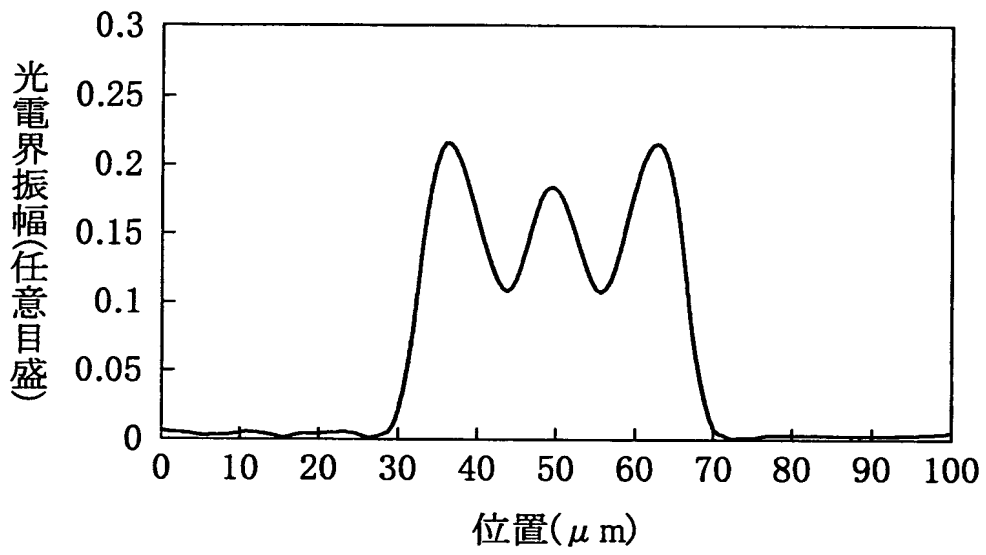
【図 5】



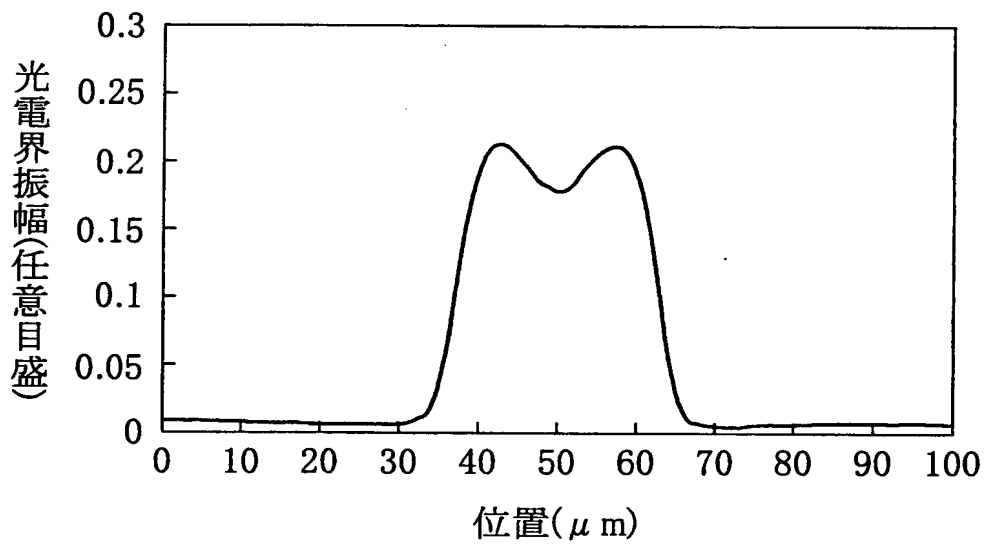
【図6】



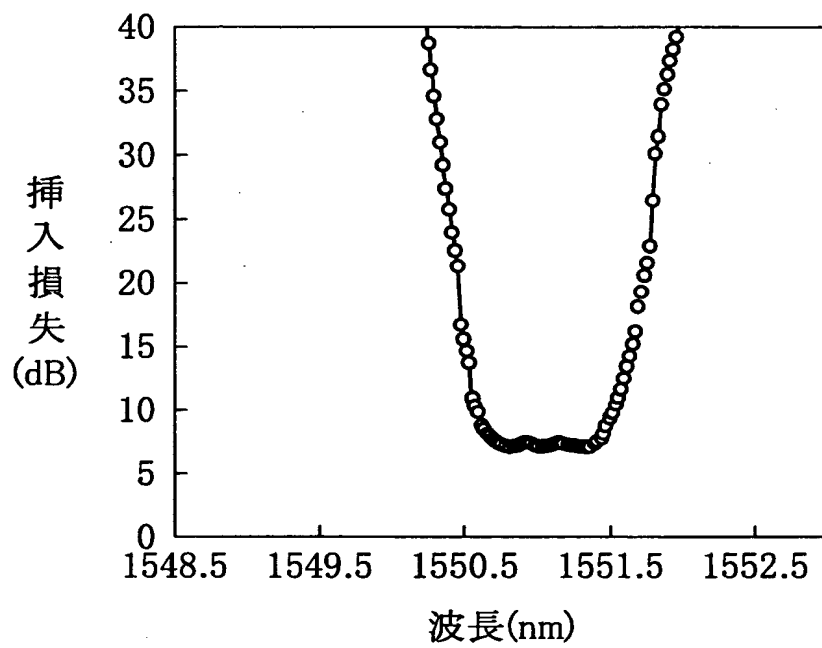
【図 7】



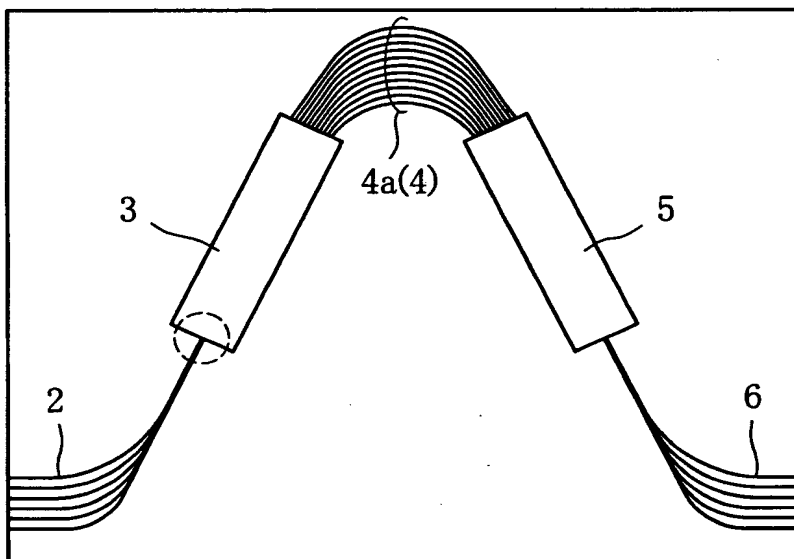
【図 8】



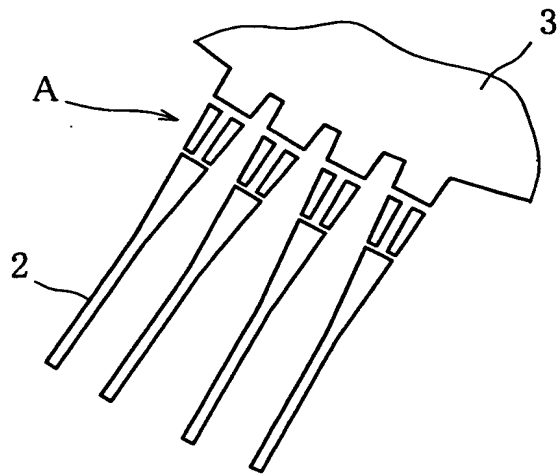
【図 9】



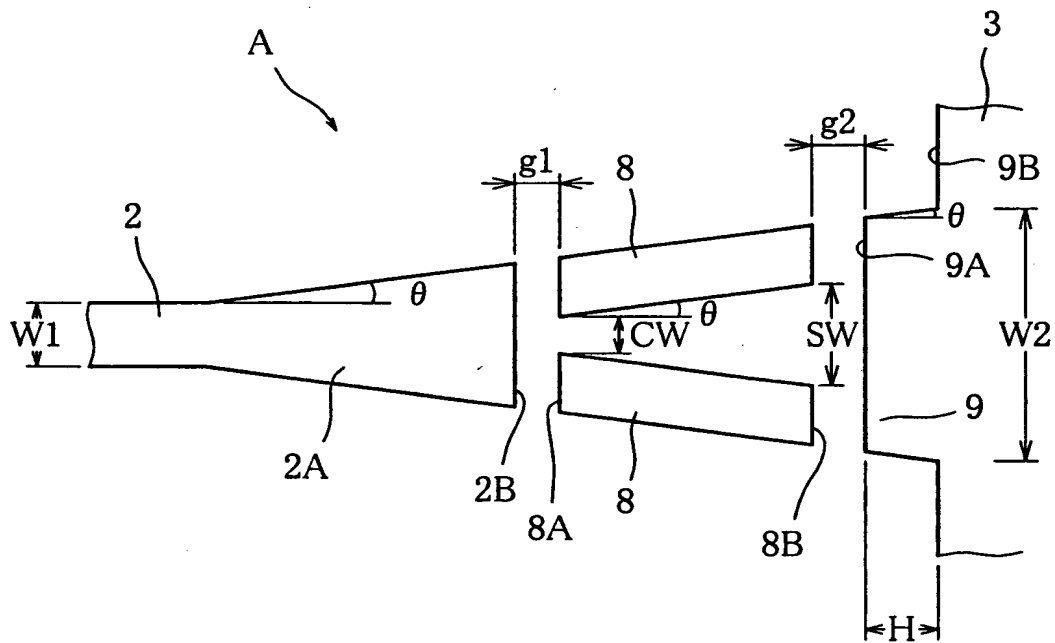
【図 1 0】



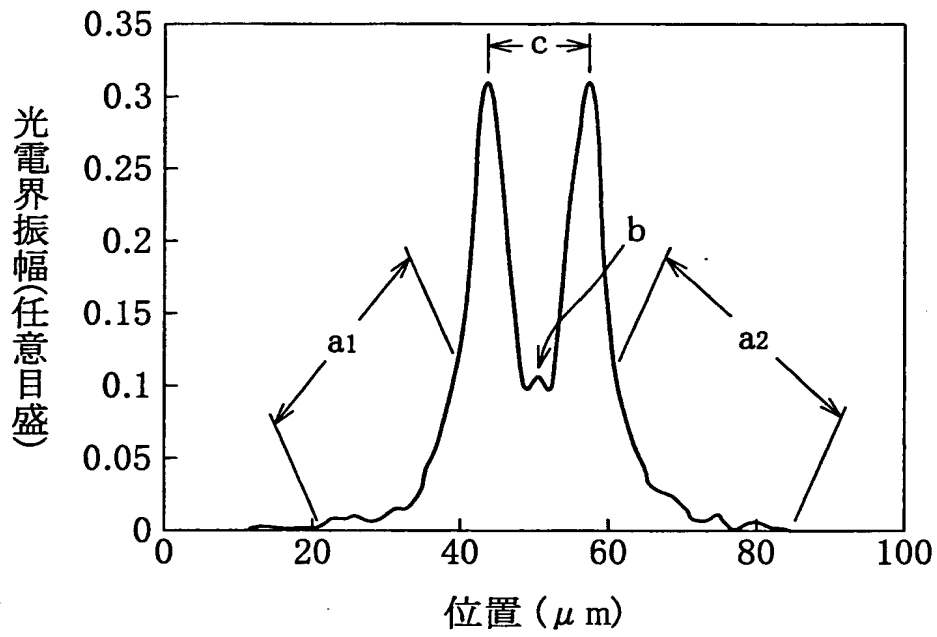
【図11】



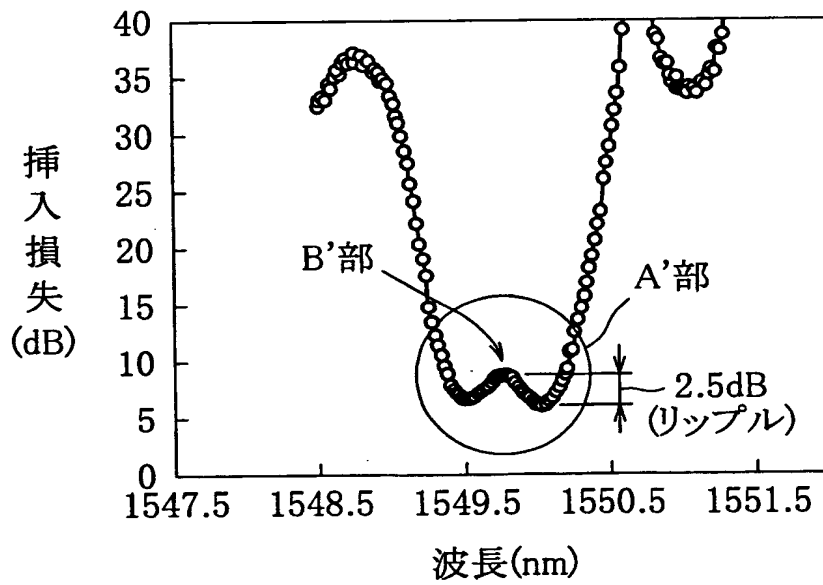
【図12】



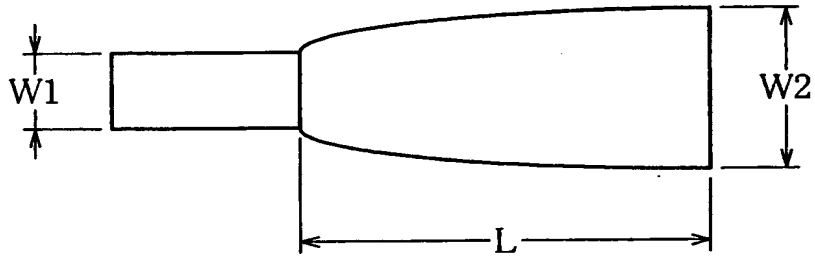
【図 13】



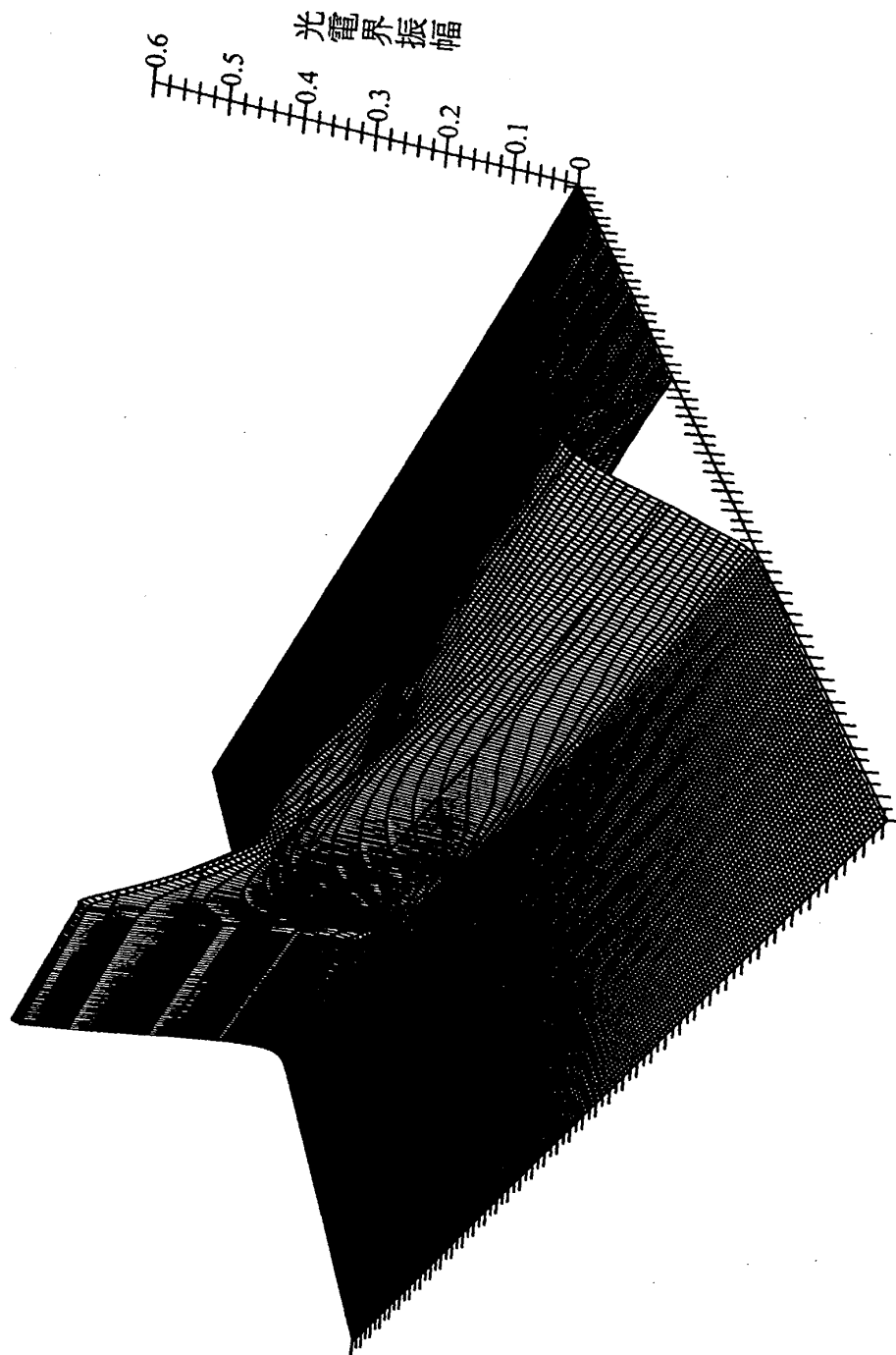
【図 14】



【図 1 5】

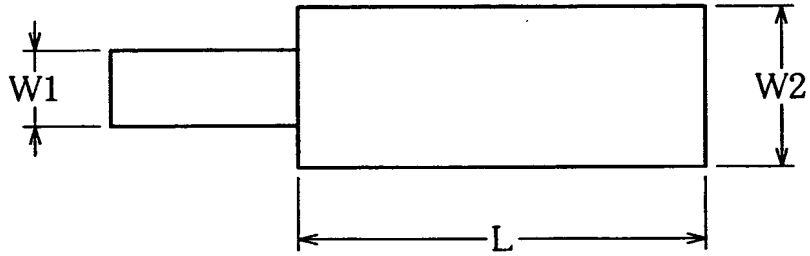


【図16】



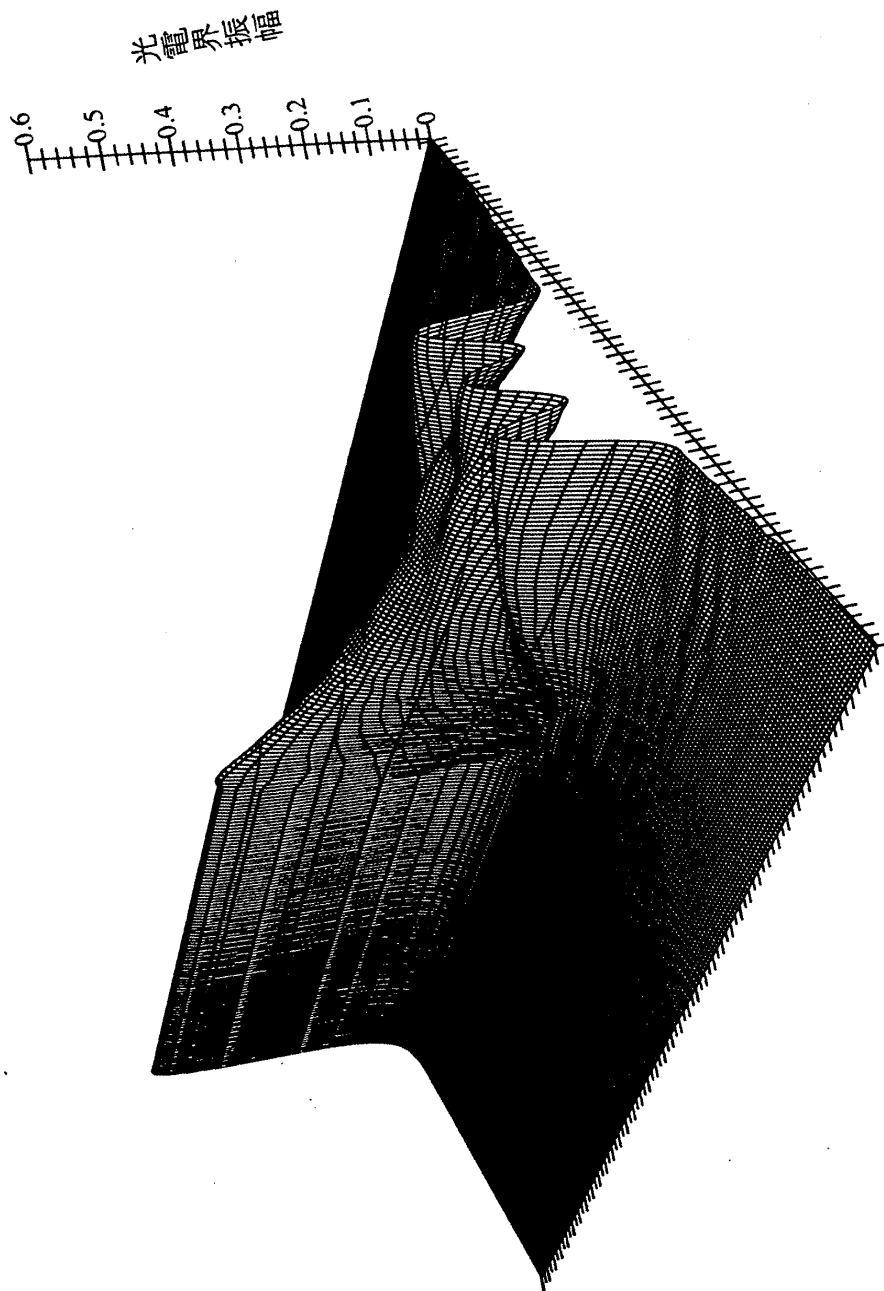


【図 1 7】

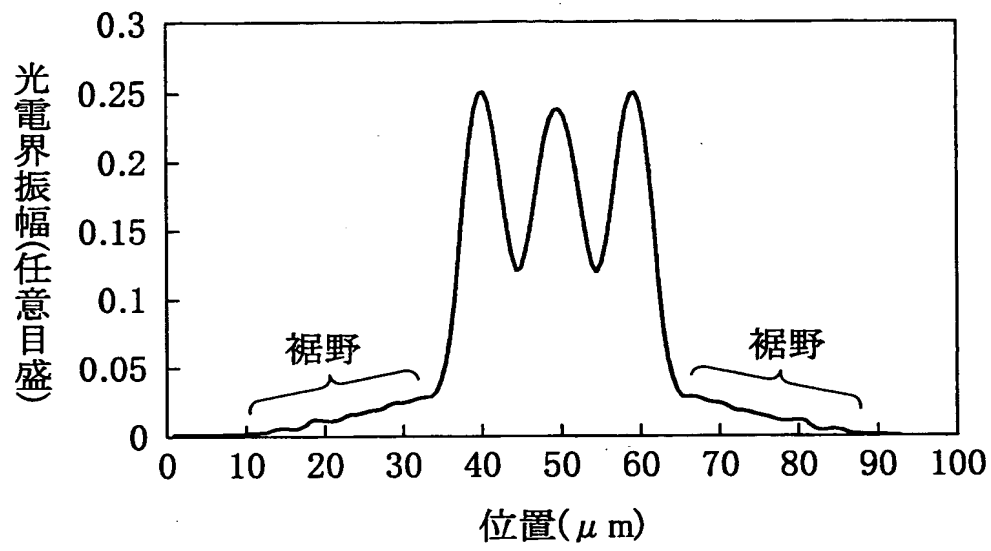


特2000-102473

【図18】



【図 19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 損失波長特性の平坦性が優れ、3 dB通過帯域幅、1 dB通過帯域幅のいずれもが広く、リップルが小さく抑えられ、隣接クロストークの劣化も起こらず、しかも高い歩留まりで製造することができるアレイ導波路回折格子型光合分波器を提供する。

【解決手段】 この光合分波器は、入力導波路と、入力側スラブ導波路と、アレイ導波路回折と、出力側スラブ導波路と、出力導波路とを備えており、入力導波路20と入力側スラブ導波路30との合体部 $B_1$ は、入力側スラブ導波路30に向かって、入力導波路20と、入力導波路20よりも広幅の直線導波路80と、広幅の直線導波路80の端面80Bから漸次拡幅するテーパ導波路とからなる構造になっている。

【選択図】 図3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 2 9 0 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号
氏 名	古河電気工業株式会社